

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА С УЧЕТОМ ОБРАЗОВАНИЯ КОНВЕКТИВНО-НЕУСТОЙЧИВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Л. А. Максимова, Я. Н. Павлюченков, А. В. Тутуков

Институт астрономии Российской академии наук

Актуальной проблемой в изучении протопланетных дисков является вопрос о механизме переноса углового момента. Для разрешения этого вопроса была предпринята попытка изучить условия возникновения конвекции в аккреционном диске. С помощью модели вязкой эволюции диска и расчета вертикальной структуры исследованы эволюция кеплеровского диска и его морфология.

SIMULATION OF VISCOUS PROTOPLANETARY DISK EVOLUTION WITH CONVECTIVELY UNSTABLE REGIONS

L. A. Maksimova, Ya. N. Pavlyuchenkov, A. V. Tutukov

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences

A topical problem in the study of protoplanetary disks is the question of the mechanism of transfer of angular momentum. To resolve this issue, an attempt was made to study the conditions for the occurrence of convection in the accretion disk. Using the model of viscous evolution of the disk and the calculation of the vertical structure, the evolution of the Keplerian disk and its morphology are investigated.

Изучение протопланетных дисков вокруг молодых звезд представляет огромный интерес. Действительно, звезда большую часть массы накапливает в результате аккреции из околозвездного диска, т. е. формирование звезды неразрывно связано с эволюцией диска. В свою очередь, естественным результатом эволюции околозвездного диска является планетная система. Несмотря на большие наблюдательные и теоретические достижения в изучении протопланетных дисков, многие вопросы физики аккреционных дисков окончательно не решены. В частности, актуальным является вопрос о механизме переноса углового момента. Основным подходом для описания аккреции в диске является формализм турбулентной вязкости, однако

механизм турбулизации течения до сих пор является дискуссионным. Одним из механизмов возникновения турбулентности может быть конвекция. В данной работе изучаются условия возникновения конвекции и крупномасштабная эволюция кеплеровского диска в ее присутствии.

В представленной работе эволюция кеплеровского диска моделируется с помощью уравнения Прингла [1], описывающего изменение поверхностной плотности со временем под действием вязкости. Одновременно с этим рассчитывается вертикальная структура диска, т. е. распределения плотности и температуры, в рамках модели, представленной в работе [2]. При расчете вертикальной структуры диска учитываются нагрев диска излучением звезды, межзвездным излучением, а также аккреционный нагрев. При этом предполагается, что диск является гидростатически-равновесным в вертикальном направлении. Основным фактором, управляющим эволюцией диска в рамках данной модели, является зависимость коэффициента вязкости от радиуса. Значение данного коэффициента вычисляется локально, в зависимости от градиента угловой скорости и условия конвективной устойчивости на данном радиусе. Представлены результаты расчета глобальной эволюции диска и морфологии диска в рамках данного подхода.

Библиографические ссылки

1. *Pringle J. E.* Accretion discs in astrophysics // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* — 1981. — Vol. 19. — P. 137–162.
2. *Vorobyov E. I., Pavlyuchenkov Y. N.* Improving the thin-disk models of circumstellar disk evolution. The 2+1-dimensional model // *Astron. Astrophys.* — 2017. — Vol. 606. — P. A5. 1706.00401.